

中性子による次世代半導体プロセス用極浅プラズマ・ドーピング層のホウ素の評価

利用者 金 成国¹、 今瀬 肇²

所 属 ¹株式会社 ユー・ジェー・ティ・ラボ、²茨城県科学技術振興室

1.はじめに

プラズマドーピングは高い生産性と優れた接合特性（低いシート抵抗と急峻な不純物分布）を持っており、半導体産業では45 nmテクノロジーノード以後の極浅ジャンクションの作成において、低エネルギーイオン注入の代替の最有力候補として有力視されている。通常、不純物の深さ分布は二次イオン質量分析（SIMS）により測定するが、10 nm以下の極浅領域では相対感度係数の変化を従う遷移領域が存在するためSIMSでは正確に評価出来ない。Spring-8の硬X線光電子分光装置（HX-PES）は励起X線のエネルギーが6 keV～10 keVと非常に高いため、原子番号の大きいケイ素の1sスペクトルの検出深さが丁度約10 nmとなって我々の作製する極浅ジャンクション領域のケイ素の結合状態を見ることが出来た^[1]。しかし、原子番号の小さいホウ素では、光イオン化断面積が極めて小さいためにホウ素の検出は極めて困難である。ホウ素は熱中性子の捕捉反応によって $^{10}\text{B}(n, \gamma)^{7}\text{Li}$ 反応を起こし、粒子と ^7Li 反跳原子を放出する。この反応の断面積は3837 barn (^{10}B)と非常に大きい。日本原子力研究開発機構の研究炉JRR-3に設置された即発線分析（PGA）装置において、核反応により放出される線のエネルギーロススペクトルを測定することで、試料中におけるホウ素等の深さ方向濃度分布を求めることができる^{[2],[3]}。この分析法は中性子深さ方向分析(NDP, Neutron Depth Profiling)と呼ばれ、半導体のp-型ドーパントとして重要なホウ素に最も高感度で、その検出下限はppmレベル以下と低く、深さ方向の分解能も約10 nmと優れている。本研究の目的は、NDP法で極浅(< 10 nm)プラズマドーピングしたサンプルのドーピングと深さ分布を評価する方法を確立することである。

2.実験方法

実験は原子力機構、研究用原子炉JRR-3において行った。中性子照射により発生したイオン（ここでは粒子及び ^7Li 反跳原子）はシリコン半導体検出器を用いて測定し、さらにマルチチャンネルアナライザーによりスペクトルを得た。

3.実験結果

図1にn型Si基板にボロンをプラズマドーピングしたサンプルPDとホウ素のイオン注入サンプルII（標準サンプル）のスペクトルを示す。サンプルPDとサンプルIIのボロンの注入深さはそれぞれ約10 nmと200 nmである。極浅(< 10 nm)プラズマドーピングしたサンプルPDの線ピーク信号は明瞭に観測されており、ドーピングと深さ分布を評価出来ることが分かる。サンプルPDと比べて、サンプルIIの線ピーク的位置は低エネルギー側にシフトしている。このピーク位置のシフトはそれぞれのボロンの注入深さに対応していて、NDP法では注入深さが違うサンプルも評価できることが判明した。

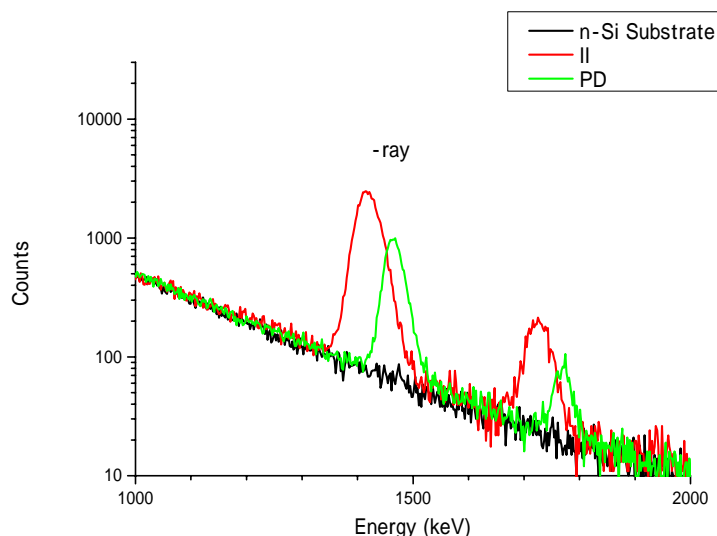


図1、プラズマドーピングサンプルPDとイオン注入サンプルIIの線エネルギーロススペクトル

4.まとめ

中性子深さ方向分析法（NDP）で極浅(< 10 nm)プラズマドーピングサンプルを評価した。プラズマドーピングサンプルから明確な線ピーク信号が確認でき、ドーピングと深さ分布を評価出来ることが判明した。ボロンの注入深さが違う二つのサンプルに関しては、注入深さに応じて線ピーク位置のシフトが確認され、NDP法で注入深さが違うサンプルも評価できることが判明した。

参考文献

- [1] C.G. Jin, Y. Sasaki, K. Tsutsui, H. Tamura, B. Mizuno, R. Higaki, T. Satoh, K. Majima, H. Sauddin, K. Takagi, S. Ohmi and H. Iwai, International Workshop on Junction Technology (2006), 116.
- [2] 山本 博之、山田 洋一、松江 秀明、曾山 和彦、江坂 文孝、笹瀬 雅人、日本鉄鋼協会 第156回秋季講演大会（熊本）2008年9月
- [3] 放射線利用技術データベース:「中性子による元素の深さ方向分析」
<http://www.rada.or.jp/database/home4/normal/ht-docs/member/synopsis/040237.html>